ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 10 AOUT 1903,

PRÉSIDENCE DE M. ALBERT GAUDRY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président**, en annonçant à l'Académie la perte qu'elle vient de faire dans la personne de M. *Munier-Chalmas,* s'exprime comme il suit :

« J'ai la douleur d'annoncer à l'Académie la perte bien inattendue de M. Munier-Chalmas. M. Bergeron, sous-directeur de son laboratoire de recherches à la Sorbonne, nous apprend par dépêche la mort subite de notre cher et éminent Confrère, survenue à Aix-les-Bains, samedi 8 août. M. Munier-Chalmas avait été nommé dans la Section de Minéralogie le 25 mai de cette année; il n'y a donc pas trois mois qu'il faisait partie de l'Académie; vraiment, c'est nous quitter trop tôt!

» Il était également habile en Géologie et en Paléontologie. C'était un chercheur, un curieux de la Nature, découvrant sans cesse quelque chose de nouveau dans la grande histoire des temps passés. Comme il avait la passion de la Science, il la communiquait à ses élèves. Aussi il a eu un rôle considérable dans la chaire de Géologie de la Sorbonne; sa mort va produire un vide profond. L'Académie voit avec tristesse disparaître cet homme encore jeune, d'une étonnante vivacité d'esprit, qui semblait appelé à lui faire longtemps honneur. Je lève la séance en signe de deuil. »

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur l'aérodynamique et la théorie du champ acoustique.* Note de M. le général **Sebert**.

« La Note de M. le commandant Charbonnier, de l'Artillerie coloniale, sur la théorie du champ acoustique, que j'ai présentée à l'Académie dans la séance du 13 juillet dernier, et la nouvelle Note du même auteur, en

date de ce jour, sur l'application de cette théorie à la détermination du frottement intérieur des gaz sont de nature à appeler de nouveau l'attention sur les phénomènes sonores, encore peu connus, qui se produisent au passage, dans l'atmosphère, de mobiles animés de mouvements très rapides et sur les conséquences que la connaissance de ces phénomènes peut entraîner pour les théories acoustiques et pour l'aérodynamique en général.

» Il n'est peut-être pas inutile de rappeler l'état de nos connaissances à ce sujet, car les documents qui en contiennent l'exposé se trouvent presque exclusivement consignés dans les publications spéciales d'artillerie, par ce motif que les services militaires se sont trouvés, à peu près seuls, en mesure, jusqu'à ce jour, d'étudier ces phénomènes ou de les utiliser.

» C'est en l'année 1887, au cours de ses études pour l'établissement du nouveau fusil connu sous le nom de *fusil Lebel*, que M. le colonel Journée, alors capitaine, a observé, pour la première fois, dans le tir des armes à grande vitesse initiale, la production d'un bruit violent analogue à une détonation, parfois suivi d'une sorte de roulement prolongé, paraissant émaner du projectile même et distinct du bruit produit par l'explosion de la charge de l'arme ([1]).

» Il avait constaté que ce phénomène n'apparaît que lorsque la vitesse initiale du projectile est notablement supérieure à la vitesse de propagation du son dans l'air, et il avait reconnu que le bruit initial perçu par un observateur semble provenir du point de la trajectoire situé sur la normale passant par la position de cet observateur.

» Par une série d'expériences ingénieuses, il avait cherché à déterminer les conditions de production et les causes du phénomène, et il avait cru pouvoir déduire de ses observations que tout projectile animé d'une vitesse supérieure à la vitesse du son dans l'air émet, pendant son parcours, un son continu analogue à une détonation.

» Il avait signalé et vérifié, par ces expériences, que ce fait donnait l'explication des anomalies constatées par les expérimentateurs qui avaient cherché à déterminer la vitesse du son dans l'air, en utilisant le tir réel de pièces d'artillerie et notamment dans les essais récemment entrepris, par

---

([1]) Journée, Note manuscrite du 25 octobre 1887 et *Comptes rendus*, t. CVI, 23 janvier 1888, p. 244. — Sebert, *Bulletin de la Société française de Physique*, 1888, p. 35. (Par suite d'une erreur d'impression, la formule qui donne la valeur de l'angle au sommet du cône sonore a été substituée à celle de l'angle complémentaire.)

la Commission de Gâvre, pour effectuer cette détermination à l'aide de bouches à feu nouvelles à grandes vitesses initiales.

» Ces essais avaient donné, pour la vitesse supposée du son, des valeurs toujours trop grandes et M. le capitaine Jacob, de l'artillerie de la marine, avait été amené à rechercher si ces écarts pouvaient s'expliquer par l'influence de la grande intensité des vibrations produites par le tir de la pièce, mais ses calculs ne l'avaient, le plus souvent, conduit qu'à des termes correctifs insuffisants (1).

» Les travaux d'Hugoniot devaient d'ailleurs établir, peu de temps après, que la formule de Laplace, employée pour le calcul de la vitesse du son, s'établit rigoureusement quelle que soit l'amplitude des vibrations ou la vitesse de translation des particules gazeuses déplacées (2).

» Vers la même époque avaient été publiés les premiers résultats des remarquables expériences du Dr E. Mach, de Vienne, *Sur la fixation photographique des phénomènes auxquels donne lieu le projectile pendant son trajet dans l'air*. Les photographies obtenues montraient, pour les projectiles animés de vitesses supérieures à 340^m, l'existence d'ondes à contours permanents ou ondes stationnaires mises en évidence par les variations du pouvoir réfringent des couches d'air ébranlées (3).

» Contrairement à l'hypothèse admise par M. Journée, le Dr Mach attribuait le bruit de détonation perçu par un observateur, lors du tir d'un projectile animé d'une grande vitesse, à l'arrivée à l'oreille de cet observateur du contour extérieur de l'onde condensée accompagnant le projectile dans son parcours et il expliquait les bruits de roulement prolongé entendus quelquefois, par les réflexions de cette onde sur le sol, les nuages ou les autres obstacles naturels.

» Ces questions provoquèrent, au cours des années suivantes, d'intéressants travaux dus à MM. de Labouret, Gossot, Moisson, Jacob et Charbonnier, officiers d'artillerie de la marine, et à MM. Hartmann et Devé, de l'artillerie de terre.

» M. de Labouret, partant des observations faites par M. Journée, avait déterminé, par le calcul, les conditions dans lesquelles le son, paraissant

---

(1) Jacob, *Mémorial de l'Artillerie de la Marine*, t. XVI, 1888, p. 563.

(2) Hugoniot, *Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 4e série, t. III, 1887, p. 477.

(3) E. Mach et P. Salcher, *Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien*, 1887, Band. XCV.

émis par le projectile, devait parvenir à l'observateur et indiqué le moyen de tracer, à chaque instant, le contour de la surface limite de l'onde sonore émanée de ce projectile ([1]).

» M. Gossot, dès l'année 1890, déduisit de ces résultats une méthode pour la détermination de la vitesse des projectiles, au cours de leur trajet, sans l'interposition des cadres cibles habituellement employés à cet effet et en faisant simplement usage de résonnateurs analogues à ceux déjà utilisés par M. Journée. Cette méthode, consacrée aujourd'hui par la pratique, a rendu les plus grands services pour l'étude des trajectoires des bouches à feu nouvelles, à grande portée, de l'artillerie de la marine ([2]) et a pu être employée également pour les essais balistiques des nouveaux fusils étudiés par l'artillerie de terre ([3]).

» M. Hartmann, en 1890, analysa et commenta, dans la *Revue d'Artillerie*, les expériences et les travaux ci-dessus mentionnés de MM. Journée, Mach, de Labouret et Gossot et fit également connaître les nouvelles expériences de photographie de projectiles effectuées par le Dr E. Mach en collaboration avec son fils L. Mach et le professeur P. Salcher, ainsi que les recherches de ce dernier, effectuées avec le concours du Dr Mach et de M. Whitehead, sur les phénomènes qui accompagnent l'écoulement de l'air à haute pression ([4]), mais il ne déduisit de ces études aucune conclusion au sujet des questions controversées de l'origine et de la nature du bruit perçu ([5]).

» M. Moisson, en 1891, discuta ces expériences, au point de vue physique, en cherchant à concilier les hypothèses contradictoires émises. Il rappelle accessoirement le phénomène de la production des auréoles qui ont été souvent observées dans le tir des projectiles et il attribue le bruit produit par le projectile et qu'il désigne sous le nom de *claquement* par la rentrée brusque de l'air dans le vide qui se produit à l'arrière ([6]).

([1]) De Labouret, *Mémorial de l'Artillerie de la Marine*, t. XVI, 1888, p. 366.

([2]) Gossot, *Mémorial de l'Artillerie de la Marine*, t. XIX, 1891, p. 181.

([3]) Devé, *Revue d'Artillerie*, t. XLVII, 1896, p. 473.

([4]) E. Mach et P. Salcher, *Sitzungsberichte*, etc., Band. XCVIII, Januar 1889. — E. Mach et L. Mach, *Sitzungsberichte*, etc., Band. XCVIII, November 1889. — E. Mach, *Sitzungsberichte*, etc., Band. XCVIII, October 1889. — E. Mach, *Sitzungsberichte*, etc., Band. XCVIII, October 1888. — P. Salcher, *Mittheilungen aus dem Gebiete des Seewesens*, t. XVIII, 1890.

([5]) Hartmann, *Revue d'Artillerie*, t. XXXVII, 1890-1891, p. 63, 397 et 493.

([6]) Moisson, *Mémorial de l'Artillerie de la Marine*, t. XX, 1891, p. 857.

» Enfin M. Jacob, en 1892, et M. Charbonnier, en 1893, ont cherché à établir la théorie analytique du problème, le premier en prenant, comme point de départ, la loi adiabatique de l'écoulement des gaz [1], le second en développant et complétant la théorie exposée par M. de Labouret, et en en faisant l'application à d'autres phénomènes physiques comme le bruit de la foudre [2].

» Dans ses derniers travaux, M. Charbonnier a donné finalement une nouvelle théorie, qui paraît définitive et complète [3].

» Cette théorie donne le moyen d'établir, pour chaque point de l'espace, l'équation qui définit l'état sonore de ce point quand l'atmosphère est parcourue par un mobile dont le mouvement est connu. Elle permet de déterminer les contours de la région ébranlée à chaque instant, qui est dénommée par lui *champ acoustique*, et elle donne la forme de l'onde neutre qui sépare, à chaque instant, les portions antérieure et postérieure de ce champ acoustique, portions dans lesquelles les vitesses de déplacement des molécules gazeuses sont de signe contraire. Par le tracé des courbes d'égale vitesse de ces molécules gazeuses, M. Charbonnier donne le moyen de représenter complètement, à chaque instant, un champ acoustique donné et il fait l'application de ce système à un certain nombre de cas particuliers : d'abord à des mobiles animés de vitesses inférieures à la vitesse du son, puis à des projectiles animés de vitesses plus grandes.

» Il retrouve ainsi, pour ces derniers, la forme de l'onde conique de tête des photographies du Dr Mach, et le cône sonore qui se déplace avec le projectile.

» Il rend compte complètement des phénomènes sonores observés, en admettant que l'oreille ne perçoit un bruit de détonation que lorsque la vitesse des molécules gazeuses qui la frappent varie brusquement et non par gradation continue.

» Dès lors, il démontre que le bruit de détonation ou de claquement du projectile ne peut être distingué du bruit de l'explosion de la pièce que si ce projectile se meut avec une vitesse supérieure à la vitesse du son dans l'air et si l'observateur se trouve placé dans une certaine région déterminée

(1) Jacob, *Mémorial de l'Artillerie de la Marine*, t. XX, 1892, p. 33 et 229.

(2) Charbonnier, *Mémorial de l'Artillerie de la Marine*, t. XXI, 1893, p. 547.

(3) Charbonnier, *Théorie du champ acoustique*, Mémoire manuscrit. Ruelle, juin 1903, et *Comptes rendus*, t. CXXXVII, p. 171. (Cette Note a été présentée dans la séance du 13 juillet 1903, bien qu'elle n'ait été insérée que dans le *Compte rendu* de la séance du 20 juillet.)

de l'espace. Il arrive même à cette conclusion que, dans le cas de tirs à grandes distances, l'observateur peut parfois percevoir deux détonations émanées du projectile; ce son étant perçu dans la direction des tangentes que l'on peut mener à une courbe qu'il dénomme *enveloppe sonore* et qui est le lieu des normales à l'enveloppe des cônes sonores.

» L'application de ces mêmes règles à l'étude des bruits produits par les éclairs en zigzag permet d'expliquer les coups de tonnerre multiples et montre qu'il n'est pas plus possible de déduire, de la durée d'arrivée du bruit, la distance du lieu de production de la foudre, que de mesurer, à l'aide de télémètres acoustiques, la distance des bouches à feu, tirant à grandes vitesses initiales, dont on aperçoit le feu ou la fumée.

» M. Charbonnier rend compte aussi de la production des ondes dilatées observées par M. Mach à l'arrière des projectiles, ainsi que de celle des ondes réfléchies à la rencontre des obstacles et il explique par des réflexions de ce genre les roulements prolongés que l'on perçoit dans certains cas. Il donne encore le moyen de calculer les déplacements imprimés aux molécules gazeuses et en vertu desquels peuvent fonctionner les résonnateurs employés, comme appareils enregistreurs, dans la méthode des mesures des vitesses des projectiles proposée par M. Gossot.

» M. Charbonnier fait enfin l'application de la théorie qu'il a établie à l'étude de quelques phénomènes particuliers, notamment à celle du son produit, à différentes distances, par un diapason vibrant et à celle de la rotation d'un corps animé d'un mouvement circulaire uniforme. Il évalue aussi le déplacement de l'air dans le voisinage d'une automobile marchant à une vitesse déterminée, ainsi que les effets du vent rencontrant un obstacle tel qu'un mât, etc.

» Ces travaux de M. Charbonnier me paraissent de nature à apporter de grandes simplifications dans l'établissement des théories élémentaires d'acoustique et d'aérodynamique, car ils jettent une grande clarté sur les phénomènes complexes qu'étudient ces théories.

» La nouvelle Note qu'il adresse aujourd'hui à l'Académie en est une preuve, car elle montre que la théorie du champ acoustique, établie par lui, peut suggérer une façon nouvelle d'envisager la question du frottement intérieur ou de la viscosité des gaz qui provoque encore en ce moment d'importantes recherches.

» Si l'on adoptait cette manière de voir, la façon de présenter les calculs qui concernent la détermination de cette viscosité devrait, sans doute, être l'objet d'importantes modifications. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Description d'un nouvel appareil pour la préparation des gaz purs.* Note de M. **Henri Moissan.**

« Tous les chimistes savent combien la préparation des gaz purs est longue et délicate. Cette préparation est le plus souvent très difficile, parfois même impossible par suite des réactions ou de la forme même des appareils employés. Nous donnerons dans cette Note la description d'un appareil très simple qui permet d'obtenir rapidement la plupart des gaz dans un grand état de pureté.

» I. *Dessiccation des gaz.* — Lorsque nous voulons dessécher un gaz, nous employons soit des flacons à plusieurs tubulures, soit des éprouvettes desséchantes qui contiennent des matières avides d'eau : ponce poreuse mouillée d'acide sulfurique, chlorure de calcium fondu ou poreux, chaux vive, etc. Toutes ces matières sont imprégnées d'air, parfois même de différents gaz. Elles donnent souvent naissance à des réactions secondaires produisant des impuretés : telle l'attaque lente du caoutchouc des appareils par l'acide sulfurique froid qui produit un dégagement continu de gaz acide sulfureux. De plus les bouchons de liège ou de caoutchouc ne perdent que lentement l'humidité qu'ils contiennent.

» *Description d'un appareil servant à la dessiccation des gaz.* — Pour toutes ces raisons, nous avons remplacé cet ensemble volumineux de flacons et d'éprouvettes par deux petits appareils en verre d'un très petit volume (*fig.* 1).

» Le premier *a*, de 30^{cm^3}, a la forme d'un cylindre fermé à ses deux extrémités; il porte, à la partie supérieure, deux tubes soudés, l'un plongeant jusqu'au fond de l'appareil et l'autre débouchant dans l'espace annulaire.

» Le second tube *b*, qui va faire suite au premier, est un tube en U de 15^{cm^3}, portant sur l'une de ses branches quatre boules de moyenne grandeur et, sur l'autre, deux plus petites. Cette série de parties cylindriques et de sphères a pour but de changer à chaque instant la vitesse du gaz, de le mélanger et de le forcer à s'étaler sur la paroi de verre refroidie. Ces deux appareils sont placés dans des vases de Dewar remplis de liquides refrigérants à des températures qui varient de -30° à -200°. Nous utilisons pour dessécher les gaz, au moyen de cet appareil, le pro-

cédé purement physique de la condensation de l'eau à très basse température ([1]).

» Nous nous sommes assuré d'abord que, lorsqu'un gaz saturé d'humidité traversait cet appareil avec la vitesse de 1^l en 10 minutes, toute la vapeur d'eau était retenue à la température de $-50°$. Une série de tubes desséchants, pesés au préalable, n'augmentaient pas de poids lorsqu'ils étaient traversés par un volume de 3^l d'air ainsi desséché. En réalité, le gaz renferme encore une trace d'eau qui correspond à la tension de vapeur de la glace à $-50°$. Mais, pour nous autres chimistes, cette petite quantité est certainement plus faible que celle que peut nous fournir le verre ordinaire et les bouchons employés dans la plupart de nos expériences.

» Si nous voulons une autre preuve de la dessiccation suffisamment grande de ces gaz, nous la trouverons dans l'expérience suivante : de l'air saturé d'humidité est lentement desséché dans notre appareil à des températures décroissantes de $-10°$, $-20°$, $-30°$, $-40°$, $-50°$, $-80°$ et $-100°$; c'est à peine si à la température de $-30°$ le gaz qui a traversé nos deux tubes fournit encore une trace de fumée perceptible avec le fluorure de bore. L'appareil que nous proposons nous fournit donc une véritable dessiccation physique sans adjonction de réactifs ou de matières poreuses pouvant amener nombre d'impuretés.

» Lorsque l'on veut dessécher un courant de gaz assez rapide, il faut augmenter la longueur de l'appareil dessiccateur, ou mieux, le faire construire en métal : platine ou laiton. Dans ce cas, le refroidissement se faisant plus vite à cause de la bonne conductibilité du métal, la dessiccation est aussi complète que possible.

» II. *Purification des gaz.* — Jusqu'ici, pour purifier les gaz, on s'était contenté, le plus souvent, d'obtenir un dégagement très long de façon à chasser, autant que possible, l'air des appareils le plus souvent très volumineux. Cette méthode peut fournirdes résultats approchés lorsqu'il s'agit de gaz assez lourds comme le chlore et l'acide carbonique qui repoussent devant eux l'air contenu dans tout l'appareil. Dans une préparation d'acide

---

([1]) En 1899, nous avions déjà eu l'occasion d'indiquer cette méthode, soit pour séparer le fluor de l'acide fluorhydrique, soit pour dessécher les gaz (*Comptes rendus*, t. CXXIX, 1899, p. 799). Nous sommes revenu sur le même sujet à propos de l'action de l'acide carbonique complètement desséché sur l'hydrure de potassium (*Comptes rendus*, t. CXXXVI, 1903, p. 723).

carbonique exécutée dans l'appareil classique formé d'un flacon à deux tubulures, d'un flacon laveur et d'une éprouvette à bicarbonate de soude, nous avons trouvé que le quatrième litre de gaz ne renfermait plus que 0,88 d'air atmosphérique. Au contraire, la même expérience faite avec un gaz léger comme l'ammoniac nous a donné, pour les huit premiers litres dégagés, les chiffres suivants :

Premier litre, air....	98,00	pour 100	Cinquième litre, air...	4,10	pour 100
Deuxième »	92,00	»	Sixième » ...	1,40	»
Troisième »	48,00	»	Septième » ...	0,93	»
Quatrième »	21,10	»	Huitième » ...	0,89	»

» Dans tous ces appareils, les tubes de sûreté qui permettent la rentrée de l'air sont aussi l'une des causes qui empêchent d'obtenir des gaz purs. Enfin, même avec des appareils continus, comme ceux de Deville ou de Kipp, on sait que la solubilité de l'oxygène et de l'azote dans les liquides acides que renferment ces appareils amène des traces d'impuretés.

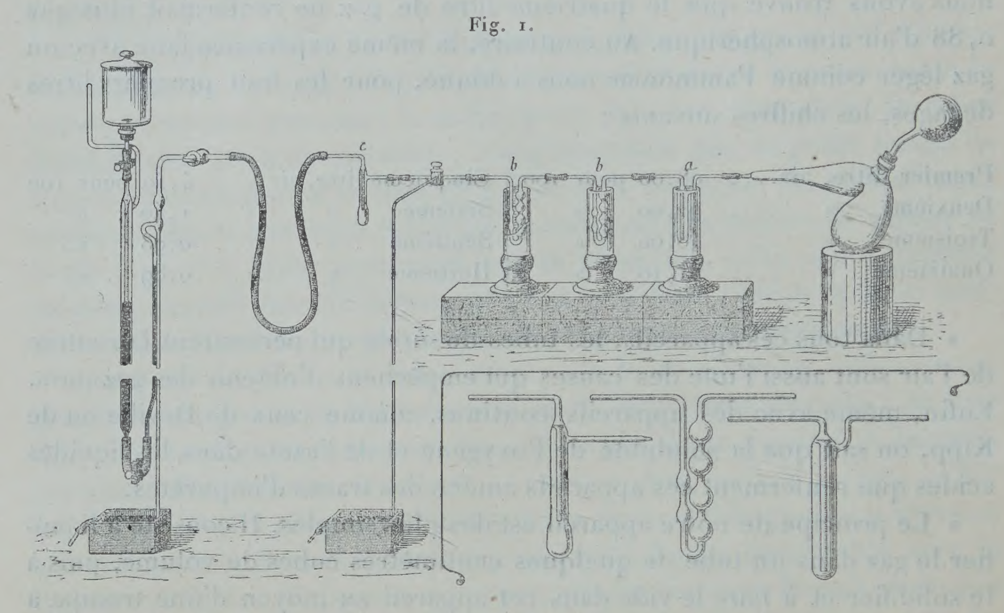
» Le principe de notre appareil est des plus simples. Il consiste à liquéfier le gaz dans un tube de quelques centimètres cubes de volume, puis à le solidifier et à faire le vide dans cet appareil au moyen d'une trompe à mercure. Nous laissons ensuite le corps solide reprendre l'état liquide, puis l'état gazeux et se dégager par un simple retour à la température ordinaire. Si le gaz solidifié est pur, on peut le recueillir dans des flacons pleins de mercure si ce métal n'est pas attaqué. Si le gaz solidifié est impur par suite d'une préparation défectueuse, on détermine une distillation fractionnée et l'on sépare les produits gazeux qui se dégagent au commencement et à la fin de l'opération. On peut ainsi recueillir le gaz qui se produit lorsque le point d'ébullition est constant.

» *Description de l'appareil.* — Il se compose d'un petit tube cylindrique *c* (*fig.* 1) de verre de 16^{cm^3} fermé à l'extrémité inférieure et laissant passer à la partie supérieure deux tubes, l'un qui plonge dans l'appareil et l'autre qui est soudé à la partie supérieure de l'espace annulaire. Cet appareil, tout en verre, est d'environ 8^{cm^3} à 10^{cm^3}. Lorsque l'on veut condenser une grande quantité de gaz on en augmente un peu le volume.

» Pour obtenir un gaz pur par cette nouvelle méthode on dispose l'appareil producteur de gaz comme pour une préparation ordinaire (*fig.* 1 et 2); puis on le fait suivre de nos deux tubes dessiccateurs à la suite desquels se trouve un robinet à trois voies qui permet d'envoyer le gaz dans le condensateur ou de le faire se dégager sur une cuve à mercure par un tube de 80^{cm} de hauteur. Notre petit condensateur est relié à une trompe à

mercure au moyen d'un caoutchouc épais. Dans des expériences délicates, nous remplaçons toujours les joints de caoutchouc épais, par des tubes de

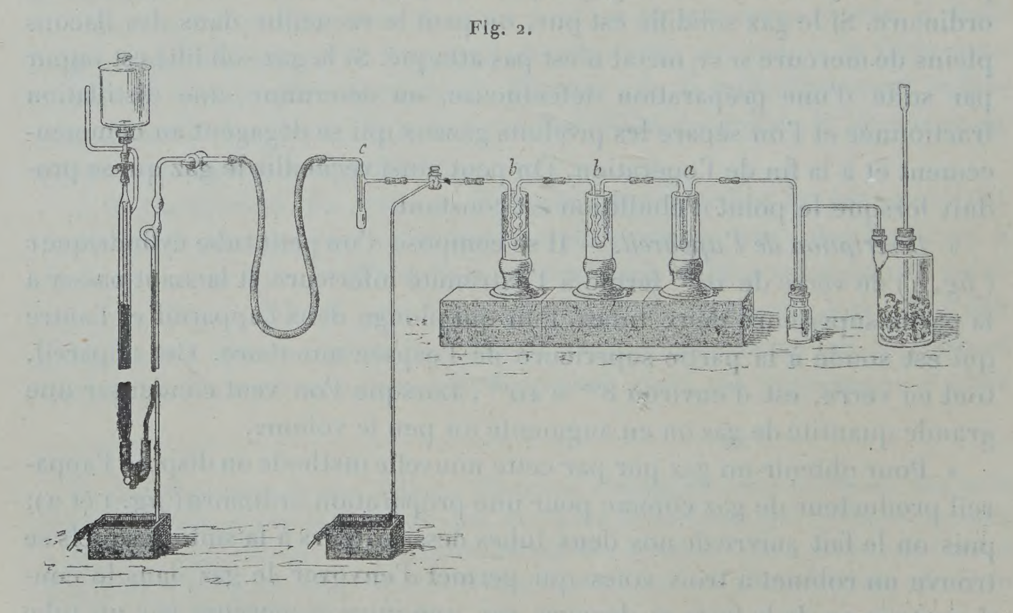
Fig. 1.



verre ou de plomb réunis à frottement doux au moyen de gomme laque.

» Lorsque la quantité de gaz solidifié est assez grande, on peut, vu le

Fig. 2.



petit volume du condensateur, supprimer la trompe et laisser l'appareil s'échauffer lentement au contact de l'air atmosphérique. On laisse perdre

les premiers 500^{cm^3} et bientôt on obtient du gaz pur. Dans ce cas le tube de dégagement fait suite au condensateur.

» Par contre, s'il s'agit de recherches très exactes on devra opérer autrement. Après avoir solidifié le gaz, le vide est fait exactement dans l'appareil, puis on étire et l'on ferme, avec un chalumeau, le tube de verre qui réunit le condensateur à la trompe. Dès lors on n'a plus à craindre la petite quantité d'humidité que peut donner le tube de caoutchouc le mieux desséché. Il est bon aussi, au préalable, de chauffer légèrement le tube abducteur de 80^{cm} de hauteur par lequel le gaz doit se dégager sur la cuve à mercure.

» Nous indiquerons comme exemples les préparations suivantes :

» *Acide carbonique.* — L'acide carbonique est produit, comme d'habitude, par l'action de l'acide chlorhydrique sur le marbre. Il est lavé dans une solution de bicarbonate alcalin, puis purifié au moyen d'une longue colonne de bicarbonate de sodium. Les deux premiers tubes dessiccateurs sont maintenus à une température de $-70°$ par un mélange d'acétone et d'acide carbonique, puis on refroidit le condensateur dans de l'oxygène liquide à $-182°$. Tout l'acide carbonique se solidifie dans ce dernier appareil sous la forme d'une croûte épaisse. On tourne alors le robinet à trois voies, de façon à isoler l'appareil producteur de gaz du condensateur.

» Au moyen de la trompe, on fait le vide dans le condensateur (résultat obtenu en quelques instants) jusqu'à ce que le mercure monte de 76^{cm} dans le tube abducteur. Lorsque le vide est obtenu, on ferme le robinet de la trompe, on retire le vase de Dewar contenant l'oxygène liquide, et, par échauffement, l'acide carbonique ne tarde pas à prendre l'état gazeux et à se dégager. On le recueille dans des flacons bien secs remplis de mercure sec, et, si l'on a soin de rincer les flacons avec l'acide carbonique qui se dégage, puis de les remplir à nouveau de mercure sec et de recueillir enfin un échantillon de gaz, on obtient ainsi de l'acide carbonique pur. $47^{cm^3},1$, traités par une solution alcaline exempte de gaz, ne laissent dans le tube gradué qu'une bulle presque imperceptible.

» Le dégagement d'acide carbonique du condensateur peut être arrêté à volonté en replaçant le condensateur dans l'oxygène liquide.

» *Acide iodhydrique.* — Ce gaz est préparé par la méthode ordinaire : action de l'iode sur le phosphore en présence de l'eau (*fig.* 1). Nous avons utilisé l'appareil classique de M. Étard. Les deux tubes dessiccateurs a et b sont maintenus à $-32°$ et le tube condensateur c à $-60°$. On obtient dans ce dernier appareil un solide blanc sur lequel on fait le vide avec faci-

lité. Il fond par une élévation de température d'une trentaine de degrés en un liquide complètement incolore qui prend, peu à peu, sous l'action de la lumière une faible teinte rose. Le gaz qui se dégage par élévation de température est pur, bien qu'il ait été préparé dans un appareil volumineux renfermant un grand excès d'air.

» *Acide chlorhydrique.* — Préparation au moyen de chlorure de sodium fondu et d'acide sulfurique. Les dessiccateurs sont maintenus à — 80°, le condensateur à — 150°. On obtient un solide blanc sur lequel le vide est fait et qui donne ensuite par réchauffement un liquide transparent puis un gaz entièrement absorbable par l'eau bouillie.

» *Hydrogène phosphoré.* — Ce gaz obtenu par différents procédés est purifié et desséché dans nos premiers tubes, maintenus à une température de — 80°; puis il est solidifié dans le condensateur, au moyen d'oxygène liquide à — 182°. Après avoir tourné le robinet à trois voies, on fait le vide dans l'appareil ; il reste un solide blanc qui fournit un liquide incolore en dessous de — 130°. Il suffit ensuite de laisser l'appareil se réchauffer lentement pour obtenir un gaz qui se dégage sur la cuve à mercure sans attaquer ce métal et qui a perdu toute propriété d'être spontanément inflammable au contact de l'air.

» *Hydrogène sulfuré.* — Ce gaz a été préparé par l'action de l'acide sulfurique étendu sur le sulfure de fer. Les tubes dessiccateurs ont été maintenus à — 70° et le condensateur à — 100°. Pendant toute la durée de la condensation, l'hydrogène a traversé l'appareil et s'est dégagé par la trompe à mercure. On a séparé ensuite le condensateur de l'appareil producteur de gaz et l'on a fait le vide dans le condensateur. Il est resté dans cet appareil un solide blanc, qui, par élévation de température, fournit un liquide incolore, puis un gaz complètement absorbable par une solution alcaline.

» *Oxyde azotique.* — Préparation au moyen du cuivre et de l'acide azotique étendu [*fig.* 2 (1)].

» Le premier tube dessiccateur cylindrique *a* était maintenu à —60°, le second dessiccateur à boules *b* à —100°; enfin, le condensateur *c* à —182°. Pendant toute la durée de la préparation, une fois l'expérience mise en marche et lorsque l'air a été à peu près expulsé, nous avons recueilli du gaz

(1) Nous avons choisi ce procédé de préparation parce qu'il fournit un gaz impur. M. Berthelot a démontré depuis longtemps que, par l'action de l'acide nitrique sur une solution bouillante de sulfate ferreux, on obtient de l'oxyde azotique pur.

azote qui traversait tout l'appareil sans se condenser. Puis, en étudiant les composés solidifiés dans chacun de nos tubes, nous avons reconnu facilement que le premier tube contenait de la glace provenant de l'humidité entraînée par le gaz, le deuxième une petite quantité de protoxyde d'azote solide, provenant de l'action complexe qu'exerce le cuivre sur l'acide nitrique, enfin notre condensateur renfermait plusieurs centimètres cubes de bioxyde d'azote solide. Ce dernier a été séparé de l'appareil producteur soumis à l'action du vide et, par fusion puis ébullition, il nous a donné du bioxyde d'azote pur.

» Cette dernière expérience nous a donc permis, par des procédés purement physiques, de séparer, dans une réaction gazeuse complexe, l'eau, l'oxyde azoteux, l'oxyde azotique et l'azote. »

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur l'analyse mécanique des sols.* Note de M. Th. Schlœsing père.

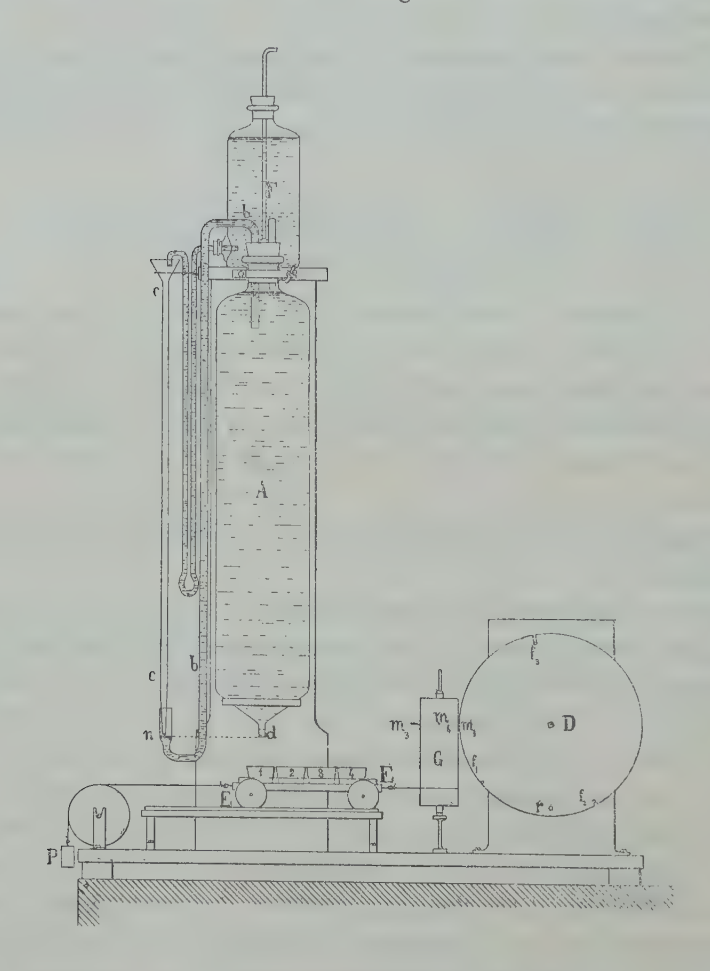
« On a vu, dans ma Communication du 29 juin, qu'il est possible de classer en un certain nombre de lots, dans l'ordre de grandeur décroissante, les sables *fins* d'une terre végétale, en ayant recours à la fois aux temps que ces sables emploient à parcourir au sein de l'eau une hauteur donnée, et aux poids des dépôts formés pendant les intervalles successifs de ces temps.

» Je me propose maintenant d'indiquer les moyens d'exécuter cette sorte d'analyse.

» Je me sers d'un appareil figuré ci-dessous, dont la pièce essentielle est une allonge A, cylindrique sur une longueur de 33^{cm}, terminée d'un côté par un goulot, de l'autre par un entonnoir évasé et un bout de tube qui n'a pas plus de $0^{cm},3$ de diamètre intérieur sur $1^{cm},5$ de long. Ce tube est assez étroit pour que l'allonge, remplie d'eau et placée debout sur un support, le goulot bouché, retienne indéfiniment son liquide. Elle le retiendra encore si le bouchon porte un tube *bb* deux fois recourbé et plein d'eau jusqu'en *n* au niveau de l'extrémité de *d*. Mais, si l'on verse en *n* la moindre quantité d'eau, aussitôt une quantité égale s'échappera de *d*. On voit tout de suite comment cette allonge, munie de son tube *b* et remplie d'une eau chargée d'éléments terreux, peut servir à classer les sables déposés par le liquide. Ceux-ci tombent tour à tour sur la paroi de l'entonnoir et roulent de là vers le tube *d*; ils ne s'en échappent pas spontanément; mais l'opérateur peut les chasser dehors, à mesure qu'ils arrivent, et en faire autant de lots successifs qu'il voudra, de la manière la

plus simple, en ajoutant de l'eau en n, goutte à goutte, dans la mesure nécessaire pour que d ne s'obture pas.

» Voici quelques détails utiles sur l'emploi de cette allonge. Il est entendu que l'échantillon de terre, d'un poids de 10g à 12g, a été complètement lavé avec de l'acide nitrique faible, puis mis à digérer avec de l'eau distillée légèrement ammoniacale, enfin débarrassé du sable grossier par des lavages suivis de décantations. Les eaux décantées sont versées avec tout ce qu'elles contiennent dans l'allonge dont le tube d a été bouché; on



achève de remplir avec de l'eau pure la partie cylindrique, en laissant libre l'espace compris au-dessus, et, après avoir adapté au goulot un bouchon plein, on agite fortement, en renversant et relevant vivement l'allonge; puis, la tenant debout, on remplace le bouchon plein par un autre à deux trous, qui porte le tube bb d'avance rempli d'eau jusqu'en n et bouché. On

place l'allonge sur son support, on obture le deuxième trou de son bouchon, on débouche *bb*, puis, plaçant une petite capsule tarée sous *d*, on débouche ce tube et l'analyse commence. Depuis le moment où l'on a cessé d'agiter jusqu'à celui où l'on débouche *d*, il s'est écoulé 40 à 50 secondes, pendant lesquelles l'agitation du liquide s'est presque entièrement calmée.

» J'ai adopté, pour les temps, une série commençant par 5 minutes, et dont les termes croissent comme les puissances de 2. D'autre part, la hauteur du liquide dans l'allonge, depuis la surface jusqu'au fond de l'entonnoir, est de 360^{mm}. Avec ces données, en prenant la minute pour unité de temps et le millimètre pour unité de longueur, on peut dresser le Tableau suivant où sont inscrits :

» Les temps pendant lesquels se forment les dépôts successifs désignés par les lettres $D_1, D_2, \ldots$, dans ma Note du 29 juin; les poids des sables de grandeurs décroissantes $S_1, S_2, \ldots$; les vitesses de chute qui différencient ces sables.

Temps de formation des dépôts.

5 minutes			pour	D_1
de	5^m à	10^m	»	D_2
»	10^m »	20^m	»	D_3
»	20^m »	40^m	»	D_4
»	40^m »	$1^h 20^m$	»	D_5
»	$1^h 20^m$ »	$2^h 40^m$	»	D_6
»	$2^h 40^m$ »	$5^h 20^m$	»	D_7
»	$5^h 20^m$ »	$10^h 40^m$	»	D_8
»	$10^h 40^m$ »	$21^h 20^m$	»	D_9

Poids des sables et vitesses de chute.

$S_1 = D_1 - D_2$.	de	»	à	$\frac{360^{mm}}{5} = 72^{mm}$
$S_2 = 2D_2 - D_3$.	»	72	à	36
$S_3 = 2D_3 - D_4$.	»	36	»	18
$S_4 = 2D_4 - D_5$.	»	18	»	9
$S_5 = 2D_5 - D_6$.	»	9	»	4,5
$S_6 = 2D_6 - D_7$.	»	4,5	»	2,25
$S_7 = 2D_7 - D_8$.	»	2,25	»	1,13
$S_8 = 2D_8 - D_9$.	»	1,13	»	0,56
S_9 (1)	»	0,56	»	0,28

Tout ce qui demeure en suspension dans le liquide de l'allonge après 21 heures 20 minutes est considéré et dosé comme argile.

» Pendant la récolte des quatre ou cinq premiers lots, il est nécessaire que l'opérateur surveille de près l'arrivée des sables en *d* et les expulse avant que leur accumulation ne produise l'obstruction du tube. Toutefois, il doit ménager autant que possible les additions d'eau en *n*, car chacune d'elles fait sortir du tube, en même temps que le sable, une petite quantité d'argile que la théorie n'a pas prévue. C'est surtout au moment où l'on va passer d'un dépôt au suivant, qu'il convient de purger le tube *d* de tout le sable qu'il contient, afin que chaque dépôt comprenne bien tout le sable

(1) Les dépôts s'arrêtant à D_9, on ne peut poser $S_9 = 2D_9 - D_{10}$; mais S_9 peut être déterminé par extrapolation, parce que les poids des derniers sables décroissent, en général, assez régulièrement.

qui lui appartient. Ces précautions ne sont plus nécessaires par la suite, les sables devenant beaucoup plus fins et moins abondants. Les additions d'eau en *n* peuvent alors être confiées à un petit flacon de Mariotte F, dont le débit est retardé par un tube capillaire *cc* d'un très petit diamètre intérieur. Le flacon que j'emploie donne 12^{cm^3} en 24 heures, soit une goutte en 8 minutes, et ce débit a toujours été suffisant. En somme, les additions d'eau en *n*, pendant toute la durée d'une analyse, ne dépassent pas le volume de 15^{cm^3}, en sorte que l'argile ajoutée de ce fait aux dépôts D n'est pas la centième partie de celle qu'on dosera plus tard.

» Une opération qui dure plus de 21 heures et qui, par suite, s'exécute en partie pendant la nuit doit pouvoir se continuer sans être surveillée. On vient de voir qu'un flacon de Mariotte à débit lent pourvoit à la sortie des sables. Il reste à confier à quelque mécanisme le soin de changer en temps voulu les capsules qui reçoivent les derniers dépôts. J'ai recours à une horloge dont l'aiguille des minutes a été supprimée et celle des heures remplacée par un disque D, en métal mince de 15^{cm} de diamètre, qui fait une révolution en 12 heures. Quatre capsules tarées 1, 2, 3, 4, en cuivre étamé, à fonds plats, quadrangulaires, de 22^{mm} de large sur 40^{mm} de long, sont juxtaposées sur un chariot E qui, d'un côté, est tiré par un poids P d'une dizaine de grammes, et, de l'autre, est retenu par un fil enroulé sur un tambour en liège G. Ce tambour, de 3^{cm} de diamètre, porte, à la hauteur du centre du disque D, quatre aiguilles m_1, m_2, m_3, m_4, de 4^{mm}, 6^{mm}, 8^{mm}, 10^{mm} de saillie, et plantées dans les prolongements de deux diamètres perpendiculaires entre eux. Dans le disque sont pratiquées des fentes f_1, f_2, f_3, de 3^{mm}, 5^{mm}, 7^{mm} de long, chargées de régler les déplacements du chariot.

» La capsule 1 se trouve la première sous le tube *d*; le chariot est alors retenu par m_1 qui bute derrière le disque. Mais, au bout de 1 heure 20 minutes, la fente f_1 arrive à la hauteur de m_1; celle-ci passe, le tambour tourne, le chariot marche; mais le tambour ne fait qu'un quart de révolution, m_2 venant buter à son tour derrière le disque; la capsule 2 demeure donc sous *d*; elle y restera pendant 2 heures 40 minutes, jusqu'à ce que la fente f_2 se présente devant m_2 et la laisse passer. Alors la capsule 3 remplacera la capsule 2 et restera sous *d* pendant 5 heures 20 minutes, temps au bout duquel f_3 arrivera devant l'aiguille m_3. Ce sera le tour de la capsule 4 à remplacer la précédente. A partir de ce moment, l'horloge n'a plus à intervenir; mais la nuit sera passée avant que ne soient écoulées les 10 heures 40 minutes assignées au séjour de la capsule 4 sous l'allonge, et l'opérateur sera revenu au laboratoire pour mettre fin à son analyse.

» Il est commode de commencer une analyse dans le courant de l'après-midi; l'opérateur doit être présent pendant 1 heure 20 minutes; après ce temps, il se fait remplacer par l'horloge et le flacon de Mariotte, et l'analyse est terminée le lendemain dans la matinée.

» La manière la plus simple de marquer sur le disque D les places des fentes f_1, f_2, f_3 est de l'amener à un repère fixe qui servira désormais de point de départ, et de le laisser tourner au gré de l'horloge. Aux moments précis où une montre bien réglée indique que 1 heure 20 minutes, puis ensuite 2 heures 40 minutes, puis encore 5 heures 20 minutes se sont écoulées, on marque sur la circonférence du disque des points coïncidant avec les aiguilles m_1, m_2, m_3.

» Des vitesses différentes de chute au sein de l'eau sont un moyen précieux de classer des sables; encore faut-il savoir à quelles dimensions de ces sables elles correspondent. C'est à l'observation sous le microscope qu'il appartient de fournir ces renseignements. Or les catégories S_1, S_2, ... ne se trouvent pas séparées les unes des autres entre les mains de l'observateur; il faut les chercher dans les dépôts successifs D_1, D_2, ...; heureusement, S_1 est formé des sables les plus gros de D_1, S_2 des sables les plus gros de D_2, et ainsi de suite; il suffira donc de chercher dans chaque dépôt les grains de dimension maxima.

» On ne peut se flatter, dans une recherche de ce genre, d'obtenir des résultats précis. En effet, les vitesses de chute dépendent à la fois de la pesanteur et d'actions retardatrices du liquide ambiant. Tous les sables des sols ayant à peu près même densité, on peut dire que l'action de la pesanteur est proportionnelle à leurs volumes, tandis que la résistance de l'eau dépend surtout de leurs surfaces et de leurs formes, et comme, pour un même volume, formes et surfaces sont infiniment variées, il arrive que des grains qui devraient être réunis en raison de leurs volumes sont en réalité répartis dans des dépôts différents en raison de leurs formes ou de leurs surfaces. Le classement par les vitesses de chute présente donc des imperfections [1] qui se répercutent dans les résultats de l'examen microscopique.

» En outre, il y a toujours de l'arbitraire dans le choix des grains qu'on examine plus spécialement comme représentants de toute une catégorie.

---

[1] Ces imperfections sont communes à tous les modes de lévigation; dans tous, les séparations résultent de différences entre les vitesses en sens inverses du liquide et des corpuscules solides.

» Néanmoins, en multipliant les observations, on arrive à trouver des limites de dimensions, pour chaque catégorie, qui ne laissent pas d'être instructives; en voici qui ont été observées sur des sables de diverses terres.

Catégories de sables.	Limites des plus grands diamètres des grains en millièmes de millimètre.
S_1	90-70
S_2	80-65
S_3	70-50
S_4	50-30
S_5	35-20
S_6	20-15
S_7, S_8, S_9	15- 5

» Au-dessous de 5 millièmes de millimètre commence la série des sables argileux qui aboutit aux sables invisibles et capables de rester en suspension indéfinie dans l'eau pure, qui constituent l'argile colloïdale. »

Rectifications relatives à une Note de M. Armand Gautier, « *Arsenic dans les eaux de mer, dans le sel gemme, le sel de cuisine, les eaux minérales, etc. Son dosage dans quelques réactifs usuels* ».

Quelques erreurs (confusion de milligrammes avec *millièmes de milligramme*) s'étant glissées pages 234 et 235, dans la Note du 27 juillet, on croit devoir rétablir ici les deux petits Tableaux numériques tels qu'ils auraient dû être composés :

Page 234 :

Sondages.	Eau de l'Atlantique (Açores). Profondeur.	As par litre d'eau.
S. 1394	10^m	0,025 mg
Id.	1335	0,010
S. 1427 ($t = 2°,7$)	5943 (à 6^m ou 8^m du fond)	0,080

Page 235 :

	Origine.	Arsenic pour 100^g de sel.
Sel blanc fin	Côtes de Bretagne	0,003 mg
Sel blanc fin	Sables d'Olonne	0,001
Sel gris de cuisine.	Sables d'Olonne, sur l'Atlantique. { *Partie soluble* $0^{mg},035$; *Partie insoluble* $0^{mg},010$ }	0,045
Sel dit *anglais*	(Acheté chez Potin)	0,015

Origine.			Arsenic pour 100gr de sel.
			mg
Sel gemme. Stassfurth (très bel échantillon)			0,0025
Id.	Salines de Saint-Nicolas, près Nancy	*Partie soluble*... $0^{mg},009$ *Partie insoluble*. $0^{mg},005$	0,014
Id.	Montagne de sel de Djebel-Amour (Sud-Oranais) (bel échantillon)		0,005
Chlorure de sodium fondu au rouge (Origine inconnue)			0,030
Chlorure de sodium recueilli dans une fissure volcanique du Vésuve			0,175

NÉCROLOGIE. — *Sur la mort de M.* Prosper Henry.
Note de M. **Janssen**.

« L'accident déplorable qui a causé la mort de M. Prosper Henry pendant une excursion qu'il faisait en Suisse, m'a vivement peiné et c'est une perte sensible pour la France.

» J'estimais tout particulièrement MM. Henry.

» L'Astronomie leur doit de nombreuses découvertes de petites planètes et d'intéressantes observations astronomiques; l'initiative de la Carte photographique du Ciel dont ils ont, avec l'aide de l'Observatoire de Paris, exécuté d'importantes parties. Il faut rappeler encore les grands travaux de construction d'objectifs et de miroirs qui ont répandu le nom des frères Henry dans le monde entier. A Meudon, nous leur devons les objectifs de notre équatorial, le plus grand qui existe en Europe, le miroir de 1^m de diamètre de notre télescope, miroir d'une rare perfection. Enfin je ne dois pas oublier que MM. Henry ont généreusement donné à l'observatoire du sommet du mont Blanc l'optique de la lunette de 16^{cm} d'ouverture montée en sidérostat qui y est placée. Cette mort sera bien cruelle pour M. Paul Henry en raison de la tendre amitié qui unissait les deux frères : je lui offre ici toutes mes condoléances. »

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie que le Tome CXXXV des *Comptes rendus* (2e semestre 1902) est en distribution au Secrétariat.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les relations entre les intégrales complètes de S. Lie et de Lagrange.* Note de M. N. SALTYKOW, présentée par M. Appell.

« Le problème dont il s'agit a été traité dans mes deux Notes : « Considérations sur les travaux de MM. S. Lie et A. Mayer » (*Comptes rendus*, t. CXXVIII, p. 274 et suiv.). Je veux lui apporter ici plusieurs simplifications.

» Considérons l'équation

$$(1)\qquad p_1 + \mathrm{H}(x_1, x_2, \ldots, x_n, p_2, p_3, \ldots, p_n) = 0,$$

admettant l'intégrale complète de S. Lie,

$$(2)\quad \begin{cases} z = \varphi(x_1, x_2, \ldots, x_{n-q}, b_1, b_2, \ldots, b_{n-1}) + b_n \\ x_{n-q+i} = \varphi_i(x_1, x_2, \ldots, x_{n-q}, b_1, b_2, \ldots, b_{n-1}) \\ p_k = \dfrac{\partial\varphi}{\partial x_k} - \displaystyle\sum_{i=1}^{q} \dfrac{\partial\varphi_i}{\partial x_k} p_{n-q+i} \end{cases} \qquad \begin{pmatrix} i = 1, 2, \ldots, q \\ k = 1, 2, \ldots, n-q \end{pmatrix}.$$

Soit le déterminant fonctionnel

$$(3)\qquad \mathrm{D}\left(\frac{\varphi_1, \varphi_2, \ldots, \varphi_q, \psi_2, \psi_3, \ldots, \psi_{n-q}}{b_1, b_2, \ldots, b_{n-1}}\right),$$

distinct de zéro, en décrivant

$$\psi_k = \frac{\partial\varphi}{\partial x_k} - \sum_{i=1}^{q} \frac{\partial\varphi_i}{\partial x_k} p_{n-q+i}.$$

Formons le système canonique

$$(4)\qquad \frac{dx_{r+1}}{dx_1} = \frac{\partial \mathrm{H}}{\partial p_{r+1}}, \qquad \frac{dp_{r+1}}{dx_1} = -\frac{\partial \mathrm{H}}{\partial x_{r+1}} \qquad (r = 1, 2, 3, \ldots, n-1),$$

ou le système canonique généralisé formé par les équations (4) et la suivante

$$(5)\qquad \frac{dz}{dx_1} = \mathrm{H} + \sum_{r=1}^{n-1} \frac{\partial \mathrm{H}}{\partial p_{r+1}} p_{r+1}.$$

» Nous allons démontrer le théorème suivant :

» *L'intégrale générale du système canonique* (4) *est déterminée par les équations*

$$(6)\quad \begin{cases} x_{n-q+i} = \varphi_i, \qquad p_k = \psi_k, \\ \dfrac{\partial\varphi}{\partial b_s} - \displaystyle\sum_{i=1}^{q} \dfrac{\partial\varphi_i}{\partial b_s} p_{n-q+i} = a_s \end{cases} \qquad \begin{pmatrix} i = 1, 2, \ldots, q \\ k = 1, 2, \ldots, n-q \\ s = 1, 2, \ldots, n-1 \end{pmatrix},$$

$a_1, a_2, \ldots, a_{n-1}$ *étant* $n-1$ *nouvelles constantes arbitraires. Pour avoir l'intégrale générale du système* (4)-(5), *il faut joindre aux équations* (6) *la première équation* (2).

» S. Lie a obtenu (¹) un résultat analogue en partant de la théorie de Clebsch du problème de Pfaff. Notre théorème formulé présente une analogie avec la théorie connue de Jacobi. On obtient la démonstration en faisant voir que les fonctions

$$f_s(x_1, x_2, \ldots, x_n, p_2, p_3, \ldots, p_n) \qquad (s = 1, 2, \ldots, n-1),$$
$$z - F(x_1, x_2, \ldots, x_n, p_2, p_3, \ldots, p_n)$$

sont les intégrales de l'équation linéaire aux dérivées partielles correspondant au système (4)-(5), f_s et F représentant les résultats que l'on obtient en éliminant des fonctions

$$\frac{\partial\varphi}{\partial b_s} - \sum_{i=1}^{q} \frac{\partial\varphi_i}{\partial b_s} p_{n-q+i}, \quad \varphi,$$

les valeurs $b_1, b_2, \ldots, b_{n-1}$ définies par les $n-1$ premières équations (6) que nous désignerons par $F_1, F_2, \ldots, F_{n-1}$.

» Le théorème énoncé présente l'avantage de donner les intégrales des équations canoniques sous *forme canonique,* c'est-à-dire que les fonctions F_s, f_s, $z - F$ jouissent des propriétés suivantes :

$$(F_s, F_\sigma) = 0, \qquad (f_s, f_\sigma) = 0,$$
$$(F_s, f_\sigma) = \begin{cases} 0, & \sigma \gtrless s, \\ 1, & \sigma = s, \end{cases}$$
$$[F_s, z - F] = 0, \qquad [f_s, z - F] = f_s,$$

pour toutes les valeurs des indices s et σ de 1 à $n-1$.

(¹) *Mathematische Ann.,* Bd. VIII, p. 215.

» Cela étant, il est aisé de former immédiatement les intégrales en involution des équations canoniques considérées définissant une intégrale complète de Lagrange. En effet, le déterminant (3) ne s'annulant pas, il admet au moins une paire de mineurs conjugués d'ordre q et $n-q-1$ distincts de zéro.

» Soient ces derniers déterminants

$$\mathrm{D}\left(\frac{\varphi_1, \varphi_2, \ldots, \varphi_q}{b_1, b_2, \ldots, b_q}\right), \quad \mathrm{D}\left(\frac{\psi_2, \psi_3, \ldots, \psi_{n-q}}{b_{q+1}, b_{q+2}, \ldots, b_{n-1}}\right).$$

» Il en résulte que les intégrales du système (4),

$$(7)\left\{\begin{array}{ll} \mathrm{F}_{q+r}(x_1, x_2, \ldots, x_n, p_2, p_3, \ldots, p_n) = b_{q+r} & (r = 1, \ldots, n-q-1) \\ f_\mu\ (x_1, x_2, \ldots, x_n, p_2, p_3, \ldots, p_n) = a_\mu & (\mu = 1, 2, \ldots, q) \end{array}\right.$$

étant en involution, sont de plus résolubles par rapport à toutes les variables $p_2, p_3, \ldots, p_n$, et l'intégrale complète de Lagrange de l'équation (1) s'obtient par une quadrature.

» Le même résultat s'obtient par des éliminations seulement, en remarquant que la fonction

$$z - \mathrm{F} + \sum_{i=1}^{q} \mathrm{F}_i f_i$$

est en involution avec les fonctions $\mathrm{F}_{q+1}, \mathrm{F}_{q+2}, \ldots, \mathrm{F}_{n-1}, f_1, f_2, \ldots, f_q$.

» Par conséquent, l'intégrale cherchée est définie par la formule

$$z = \varphi[x_1, x_2, \ldots, x_{n-q}, (\mathrm{F}_1), (\mathrm{F}_2), \ldots, (\mathrm{F}_q), b_{q+1}, b_{q+2}, \ldots, b_{n-1}] \\ - \sum_{i=1}^{q} a_i(\mathrm{F}_i) + a,$$

les parenthèses (F_i) désignant le résultat de substitution dans les fonctions F_i des valeurs $p_2, p_3, \ldots, p_n$, définies par le système (7) et a, a_1, a_2, ..., a_q, $b_{q+1}, b_{q+2}, \ldots, b_{n-1}$ étant n constantes arbitraires. »

AÉRODYNAMIQUE. — *La théorie du champ acoustique et le frottement intérieur des gaz*. Note de M. P. **Charbonnier**, présentée par M. le général Sebert.

« I. On sait que le *frottement intérieur* ou *viscosité* des gaz est mis en évidence et mesuré par le mouvement que prend un plan solide S_1 primiti-

vement au repos, quand, dans son voisinage, une autre surface plane solide S_0 parallèle est animée d'un mouvement déterminé dans son plan. La théorie cinétique des gaz attribue cette transmission de mouvement à la pénétration de proche en proche dans le milieu de molécules gazeuses animées, au contact de la surface S_0, d'une certaine vitesse.

» II. Or la théorie du champ acoustique (*Comptes rendus*, 20 juillet 1903), donne une explication beaucoup plus simple de ce phénomène.

» Au contact de la plaque mobile S_0 la couche gazeuse voisine de cette plaque prend une vitesse fV, formule où V est la vitesse du point I considéré de la plaque et où f est le coefficient de frottement du gaz sur le solide.

» La théorie du champ acoustique démontre alors que si l'on considère dans le milieu un certain point P, à une distance d du point I, et si λ est l'angle de la direction PI avec la direction de la vitesse V, la vitesse dont est animé l'air en P a pour expression

$$\frac{f\mathrm{V}\,d\sigma}{4\pi\,d^2}\cos\lambda;$$

$d\sigma$ est la surface d'un élément de la plaque S_0 en I.

» L'intégration de cette équation étendue à toute la surface σ de la plaque S_0 donnera, en un point quelconque de l'espace, la valeur de la vitesse V′ résultante pour les molécules d'air qui s'y trouvent.

» On sait d'ailleurs que toutes ces vitesses V′ seront parallèles aux vitesses V de la plaque S_0.

» III. Il en résulte que si la plaque en mouvement S_0 est, par exemple, un disque circulaire horizontal mobile autour de son centre et la plaque primitivement en repos S est une surface de même nature mobile de la même manière, les vitesses V′ en chaque point de celle-ci auront une résultante et la plaque se mettra à tourner, entraînée par la vitesse V′ communiquée à l'air par un mécanisme inverse de celui qui entraîne l'air au contact de la plaque S_0.

» IV. Il résulte de cette explication que le *frottement intérieur* des gaz peut être rattaché à la théorie du champ acoustique et qu'il n'existe pas, à proprement parler, de propriété physique des gaz à laquelle ce mot puisse être appliqué. Les mesures où l'on essaye de déterminer ce frottement ne font connaître que la valeur de f, *coefficient de frottement du gaz sur le solide* employé comme surface fixe.

» On remarquera que la loi de l'indépendance du *frottement intérieur* et

de la pression du gaz devient une loi analogue, entre gaz et solide, à celle que l'expérience a vérifiée pour le frottement entre deux solides. »

MÉTÉOROLOGIE. — *Le cercle de Bishop, couronne solaire de* 1903. Note de M. F.-A. Forel.

« Je viens de constater, trois jours de suite, la réapparition de la couronne solaire que nous avons déjà vue en 1884, après l'éruption du Krakatoa et que nous avons appelée *cercle de Bishop.* Ce phénomène est assez important par les conclusions qu'on doit en tirer; il est assez urgent d'en faire confirmer l'observation et la nature, pour que j'incite, sans plus tarder, les physiciens à en suivre l'apparition et le développement, et à collaborer à l'étude de cette belle manifestation.

» Le cercle de Bishop (voir *Comptes rendus,* t. XCIX, 1884, p. 289 et 423, t. C, 1885, p. 1132) est une couronne circumsolaire, formée de deux parties : immédiatement autour du Soleil est un limbe d'argent bleuté, éclatant, avec un rayon de 10° environ; il est bordé extérieurement par un cercle rouge cuivré, de quelque 20° de largeur; le rayon moyen du cercle rouge, ou plus exactement le rayon de la partie moyenne de ce cercle, est de 15° environ (la mesure que j'en ai faite en 1884 m'avait donné 12° à 15°, celle d'hier 18°). Le cercle cuivré se fond en dedans avec l'argent du limbe, en dehors avec le bleu du ciel; mais les contours sont mal limités, l'extérieur spécialement, et cette décroissance donne à l'azur une teinte étrange, qui paraît surtout étonnante lorsque, comme hier, des *alto-cumulus* blancs passent devant ce fond assombri et font contraste avec lui.

» L'observation que je viens d'en faire reproduit absolument, dans tous ses détails, celle du phénomène de 1884; c'est le cercle de Bishop qui apparaît de nouveau dans le ciel de notre Europe centrale.

» Rappelons quelques points de sa première manifestation, il y a 19 ans de cela.

» Le cercle cuivré circumsolaire a été observé pour la première fois à Honolulu, îles Sandwich, par le révérend Sereno Bishop, le 5 septembre 1883, 9 jours après l'éruption du Krakatoa; il a été vu dans des latitudes de plus en plus élevées, pendant l'hiver de 1883-1884; dans l'été de 1884, nous l'avons observé constamment en Suisse et dans toute l'Europe centrale; il a même été vu en 1885 et jusqu'en juillet 1886. La pâleur du phénomène était telle, qu'il était difficile à constater dans la plaine, à cause de la lumière diffusée sur une atmosphère inférieure chargée de poussières éoliennes; en revanche, sitôt que nous nous élevions à 1000^m, à 2000^m, à 4000^m au-dessus de la mer, le cercle cuivré devenait de plus en plus brillant. Il apparaissait surtout lorsque

le disque éblouissant du Soleil était masqué par un écran opaque assez éloigné de nous, la cime d'une montagne ou un nuage épais; la couronne rougeâtre illuminait alors l'azur du ciel dans les échancrures du nuage ou de la montagne.

» Nous avons tous interprété les phénomènes de 1883-1886, en admettant l'existence d'un anneau de poussières volcaniques extrêmement fines, entourant la Terre dans les hautes couches de l'atmosphère; la couronne du cercle de Bishop était un phénomène de diffraction, causé par ces poussières.

» Ce phénomène se reproduit presque exactement dans les mêmes conditions cette année; nous l'attendions à la suite des grandes éruptions, si riches en cendres volcaniques, de la Martinique du printemps de 1902, à la suite des phénomènes crépusculaires de l'été et de l'automne de 1902; nous en avions recommandé la recherche et l'observation. Nous ne sommes donc pas étonnés de le revoir et nous lui attribuons la même cause qu'au phénomène de 1884, des cendres volcaniques très fines et suspendues dans les couches de la haute atmosphère.

» Le cercle de Bishop que je viens de revoir les 1er, 2 et 3 août, dans des conditions très favorables, par une limpidité admirable de l'atmosphère, à Fin-Haut en Valais entre 1400m et 2100m d'altitude, est beaucoup plus pâle qu'en 1884; je ne l'aurais peut-être pas remarqué si je n'avais été habitué à le rechercher. Mais tout observateur prévenu saura le reconnaître dans des conditions suffisamment propices, surtout dans de hautes altitudes, au-dessus de 2000m, le soleil du milieu du jour étant masqué par un écran opaque, cime de montagne, nuage ou corps d'un ballon.

» Je me permets d'en recommander l'étude aux alpinistes et aux aéronautes; il serait fort intéressant de déterminer la constance ou l'inconstance de cette apparition.

» En effet, tandis qu'après l'éruption de Krakatoa nous avons eu, pendant tout l'hiver, l'illumination constante des grands feux crépusculaires, et, pendant les années suivantes, l'observation constante du cercle de Bishop, tellement que nous avons pu parler d'un anneau continu de poussières volcaniques entourant la Terre dans les hautes couches de l'atmosphère; actuellement, après l'éruption de la montagne Pelée, il n'en est pas de même. Les manifestations du phénomène crépusculaire ont été discontinues. J'ai constaté des illuminations crépusculaires anormales du 6 au 11 juillet, du 3 au 22 août, les 13, 24 et surtout du 28 au 30 octobre, où elles ont eu l'éclat des grands crépuscules krakatoesques, les 12-14 novembre, les 18-24 décembre 1902, les 6-8 janvier, les 22-27 janvier 1903.

Cette discontinuité, nous l'avons expliquée en supposant que les poussières chassées dans la haute atmosphère par les volcans de la Martinique y formeraient, au lieu d'un anneau continu, des nuages discrets et isolés qui passeraient successivement au-dessus de nos contrées.

» Il serait donc très intéressant de constater si la même discontinuité existe dans les apparitions du cercle de Bishop de l'été de 1903, et si nous pouvons en tirer une conclusion analogue à celle exigée par l'irrégularité des illuminations crépusculaires de l'année dernière. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur quelques combinaisons binaires de l'uranium.* Note de M. A. COLANI, présentée par M. A. Ditte.

« Par l'action de H^2S sur le chlorure uraneux au rouge, Hermann a obtenu le sulfure amorphe US(U = 120); de même Uhrlaub a préparé l'azoture U^3Az^2 en chauffant le chlorure uraneux dans un courant de AzH^3. J'ai pensé qu'on pouvait généraliser ces réactions et réaliser, au moyen de UCl^2, les combinaisons de l'uranium avec les métalloïdes des deuxième et troisième familles. Mais, au lieu du chlorure uraneux très avide d'eau et facilement volatil au rouge, j'ai employé le chlorure double UCl^2, NaCl de M. Moissan; ses avantages sont multiples : il est très maniable, peu hygroscopique et n'est guère plus volatil que NaCl. On peut, de cette manière, opérer à des températures comprises entre la température de fusion du chlorure double et 1000° environ, alors qu'avec UCl^2 on ne peut dépasser la température du ramollissement du verre, à cause de la grande volatilité du chlorure.

» *Sulfure.* — En chauffant une nacelle contenant ce chlorure double dans un courant de H^2S à une température qui peut varier de 500° à 1000°, on obtient directement le sulfure US cristallisé en grandes tables carrées extrêmement minces. On reprend la masse par l'eau privée d'air, pour dissoudre NaCl, on lave à l'eau, à l'alcool, à l'éther et l'on sèche dans le vide sec. Hermann avait antérieurement préparé US cristallisé par fusion avec du borax de US amorphe. Au rouge US, comme tous les corps dont il sera question, décomposant l'eau avec une grande énergie, il faut un courant de H^2S parfaitement sec. Il est plus aisé d'employer un courant d'hydrogène rigoureusement sec, entraînant de la vapeur de soufre.

» Le même composé se forme encore, par fusion dans un courant d'hydrogène, de UCl^2, NaCl avec des sulfures de sodium, de magnésium, d'aluminium, d'antimoine, ou avec du protosulfure d'étain (procédé de M. Mourlot). Le sulfure ainsi préparé ne renferme que des traces du métal employé. Les cristaux ont toujours le même aspect, mais ils sont trop minces pour se prêter à des mesures. Avec le bisul-

fure d'étain, on a des cristaux quadratiques mesurables, doués d'un vif éclat métallique. Ils sont très aplatis suivant p (001). On observe les faces p (001), $b^{\frac{1}{2}}$(111) et a^1(101), rare (mesures faites par M. de Schulten).

» *Séléniure.* — J'ai obtenu par des procédés identiques le séléniure USe.

» Les cristaux sont analogues à ceux de US, mais excessivement minces et non mesurables. Si USe a été préparé à trop basse température, il peut être pyrophorique. L'acide azotique fumant réagit énergiquement sur lui, avec parfois inflammation du séléniure. Pour l'analyse, on effectue l'attaque par l'acide chlorhydrique bromé; elle a lieu sans projection; on chasse le brome en excès par un courant d'acide carbonique; on précipite le sélénium par l'acide sulfureux et dans la liqueur filtrée on dose l'uranium à l'état de U^3O^4 (1).

» Vers 1000°, avec un courant de H rapide entraînant très peu de sélénium, j'ai obtenu une fois le séléniure cristallisé U^4Se^3 analogue au sulfure U^4S^3 préparé par Alibegoff (2).

» *Tellurure.* — Un mélange d'hydrogène et de vapeur de tellure réagit très mal sur UCl^2, NaCl vers 650°; vers 1000° on obtient de grandes paillettes très brillantes, en quantité trop faible pour l'analyse. J'ai eu de meilleurs résultats par fusion, dans un courant de H à 1000°, de UCl^2NaCl avec du Na^2Te contenant un grand excès de tellure. Ce tellurure est cristallisé en tables carrées, noires, à éclat métallique. L'analyse effectuée comme celle du séléniure conduit à la formule U^4Te^3. Je n'ai pu jusqu'ici préparer le tellurure UTe.

» *Azoture.* — L'azoture déjà connu U^3Az^2 se forme facilement par calcination au rouge vif de UCl^2, NaCl dans un courant de AzH^3 sec. Après dissolution de NaCl on a une poudre cristalline, à éclat métallique (3).

» *Phosphure.* — Le phosphure PH^3 réagit mal au rouge sur le chlorure double uraneux; on a seulement quelques paillettes cristallisées. Par fusion de UCl^2, NaCl avec du phosphure d'aluminium dans un courant d'hydrogène vers 1000°, traitement de la masse refroidie par l'eau, l'eau acidulée par l'acide chlorhydrique, ou l'éther, on obtient une poudre noire cristalline, retenant toujours un peu de Al^2O^3 insoluble dans les acides. Défalcation faite de cette impureté, son analyse conduit à la formule U^3P^2 (4).

» *Arséniure.* — En faisant agir au rouge vif l'arséniure d'hydrogène sur UCl^2NaCl on obtient quelques tables carrées bien formées. Par double échange avec l'arséniure de sodium contenant un grand excès d'arsenic, il se forme une poudre cristalline répondant à la formule U^3As^2 (5).

» *Antimoniure.* — Enfin, par fusion du chlorure double uraneux en excès avec un mélange à équivalents égaux d'aluminium et d'antimoine, j'ai préparé un alliage blanc d'argent d'antimoine et d'uranium, en poudre ou en masses spongieuses, infusible, ne contenant pas d'aluminium libre. L'analyse a donné : U 42,2 pour 100, Sb 57,6. La

---

(1) Calculé pour USe : U 60,3 — Se 39,6. Trouvé : U 59,5 — Se 39,4.

(2) Calculé pour U^4Se^3 : U 66,9. Trouvé : 66,2.

(3) Calculé pour U^3Az^2 : U 92,7 — Az 7,2. Trouvé : U 92,4 — Az 7.

(4) Calculé pour U^3P^2 : U 85,3 — P 14,6. Trouvé : U 86,4 — P 14,2.

(5) Calculé pour U^3As^2 : As 29,4. Trouvé : 30,3.

teneur élevée en antimoine tient à ce qu'une partie de l'aluminium sert à transformer UCl^2 en excès en U^2Cl^3. Cet alliage, chauffé au four Leclerc et Forquignon dans un courant d'hydrogène, perd lentement de l'antimoine sans qu'on arrive à la formule U^3Sb^2.

» La partie non pulvérulente de cet alliage, agitée dans un flacon, donne des étincelles comparables à celles produites par le carbure et qui sont dues à la même cause.

» Les combinaisons de l'uranium avec les métalloïdes trivalents brûlent mal à l'air; mais, projetées dans la flamme d'un bec Bunsen, elles donnent de vives étincelles. Elles sont toutes violemment attaquées par l'acide azotique concentré. »

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *La nature et l'appréciation de la réaction alcaline du sang*. Note de M. **H. Labbé**, présentée par M. A. Ditte.

« Divers expérimentateurs ont déjà reconnu et cherché à mesurer l'alcalinité du sang, pour en faire découler certaines conséquences physiologiques ou chimiques. Mais la nature de cette alcalinité est spéciale et elle dépend uniquement de la façon dont se comporte le sang vis-à-vis des divers indicateurs colorés : d'après l'opinion classique, le sang serait, en réalité, un liquide à fonction acide; sa réaction alcaline ne serait due qu'à la présence, en quantités notables, de sels minéraux d'acides polybasiques, en particulier des phosphates et des carbonates. Les bicarbonates alcalins, les seuls qui peuvent exister dans le sang, ne participent à aucune alcalinité, puisqu'ils sont neutres aux indicateurs colorés. Les phosphates dimétalliques, comme le phosphate disodique, possédant au contraire une réaction alcaline au tournesol, jouent un rôle dans cette alcalinité. J'ai reconnu que ce rôle n'était ni exclusif, ni même prépondérant.

» Si l'on cherche, en effet, à mesurer non plus l'alcalinité apparente du sang, mais son acidité réelle, provenant de la troisième fonction acide très faible de l'acide phosphorique, on doit y parvenir en précipitant les phosphates par une solution titrée de chlorure de baryum, sel neutre, et arriver ainsi à la neutralisation complète du sérum sanguin. Il n'en est rien, dans la réalité, et l'on n'observe jamais une disparition de la réaction alcaline, il se produit seulement une notable diminution de celle-ci : l'alcalinité n'est donc pas due uniquement aux sels acides d'acides polybasiques; elle est la somme de deux alcalinités, dont l'une a bien cette nature, mais dont l'autre est une alcalinité réelle qui ne peut provenir que de bases ammoniacales ou alcaloïdiques, dont la présence constante est du reste connue, dans le sang, depuis les travaux de M. A. Gautier en particulier.

» On peut aisément réaliser la séparation quantitative des deux alcalinités du sérum

sanguin : dans 2^{cm^3} de sérum frais dilués avec 2^{cm^3} d'eau distillée, on fait tomber goutte à goutte une solution centinormale de SO^4H^2, et l'on suit la décroissance de l'alcalinité par la touche d'un papier de tournesol sensibilisé et glacé ; on s'arrête lorsqu'il ne se produit plus de tache visible. Si l'on tenait compte du champ assez étendu qui existe entre la disparition de l'alcalinité et l'apparition de l'acidité, on diminuerait en effet la sensibilité et la précision de la méthode. Dans ces conditions, les résultats concordent à $\frac{1}{10}$ de centimètre cube près. Ce premier chiffre mesure l'alcalinité totale.

» 2^{cm^3} du même sérum sont ensuite neutralisés à froid par 2^{cm^3} d'une solution concontrée de $BaCl^2$; le résultat est du reste identique si l'on chauffe le mélange, on suit encore la disparition d'alcalinité par addition de la solution sulfurique titrée. Le nouveau chiffre obtenu mesure l'acalinité basique, toujours inférieure au chiffre précédent. La différence des deux chiffres est l'alcalinité apparente due aux phosphates minéraux.

» Dans la série de déterminations ainsi faites, la moyenne de l'alcalinité totale (exprimée en centimètres cubes de solution sulfurique) a été, par centimètre cube de sérum, de $3^{cm^3},65$; la moyenne de l'alcalinité phosphatique de $0^{cm^3},9$; et la moyenne enfin de l'alcalinité basique de $2^{cm^3},75$. Cette dernière alcalinité, due aux alcaloïdes ou leucomaïnes, vraisemblablement du genre de la guanidine, créatinine, etc., ne semble pas jusqu'à présent être due à l'ammoniaque elle-même, car les nombres obtenus avant ou après ébullition de la liqueur sont sensiblement constants.

» Pour vérifier si la mesure de l'alcalinité due aux phosphates dans ce dosage pourrait donner une indication approximative de la quantité réelle des phosphates du sérum, j'ai déterminé l'alcalinité apparente au tournesol d'une solution titrée de phosphate disodique contenant par litre $0^{g},76$ de sel anhydre. Le dosage, fait dans les mêmes conditions que ci-dessus, a exigé, par centimètre cube de la solution, $0^{cm^3},57$ d'acide centinormal ; il s'ensuit que la concentration moyenne, en phosphates du sérum sanguin, déterminée par cette méthode, est de 1,16 pour 1000 environ, ce qui est conforme aux déterminations faites par divers auteurs. Quant à l'alcalinité basique du sérum, en l'exprimant en ammoniaque, elle correspond à une teneur moyenne de 0,46 pour 1000 en cette base.

» Il n'est pas inutile de rappeler que ces moyennes ne devront être établies que sur un très grand nombre de déterminations.

» Cette méthode, dont la simplicité permet l'utilisation clinique, pourra fournir des résultats du plus haut intérêt dans l'étude de diverses maladies. Dès à présent, on peut noter que les variations pathologiques observées dans l'alcalinité totale semblent provenir surtout des variations de l'alcalinité basique. Cette conclusion provisoire est conforme aux théories qui tendent à accorder, dans divers processus pathologiques et surtout l'urémie, une grande part dans la production des phénomènes d'auto-intoxication, aux ptomaïnes, leucomaïnes ou toxines circulant dans le sérum sanguin. »

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Phénols libres et sulfoconjugués. Méthode de dosage. Le soufre dit « neutre » existe-t-il dans l'urine?* Note de M. L. **Monfet**.

« Les phénols produits dans l'intestin se divisent en deux groupes : l'indol et le scatol, qui proviennent des albuminoïdes; le phénol et le crésol, des hydrocarbonés. Ils sont en partie neutralisés par la sulfoconjugaison.

» L'agent de la sulfoconjugaison est l'acide sulfureux, qui provient, pour la plus forte part, de la transformation de la taurine en sulfites dans l'intestin, et de celle du soufre des aliments, en sulfures et en sulfites. Les dérivés sulfoconjugués, sont des sulfites doubles d'indol, de scatol et de potassium; de phénol, de crésol et de potassium, que l'on retrouve dans l'urine à l'état de sulfates doubles d'indol, etc.

» Dans l'ictère, la sulfoconjugaison a lieu tout de même, et cela aux dépens du soufre des aliments azotés. Par contre, si de l'alimentation on retranche ces derniers, la sulfoconjugaison se fait encore, et cette fois grâce à la taurine.

» Les dérivés sulfo se divisent en deux groupes : groupe indol-scatol et groupe phénol-crésol; le premier, facilement décomposable par les acides minéraux et même par l'acide oxalique.

» Quant au groupe phénol, est-il, comme on le croit généralement, décomposé par les acides forts? Cette question sera résolue bientôt, en établissant s'il y a identité absolue entre le phénolsulfate de potasse de l'urine et le phénolsulfate synthétique. D'ores et déjà nous affirmons que ce dernier est indécomposable par les acides minéraux les plus énergiques, quelle que soit la durée de l'ébullition; il ne l'est que par l'action combinée d'un acide *et* d'un oxydant : par l'acide chlorhydrique *et* le chlorate de potasse, ou par l'acide nitrique nitreux, par exemple. Cette question d'identité résolue par l'affirmative, ce serait donc le soufre du groupe phénolsulfo qui jusqu'à ce jour aurait passé pour soufre neutre de l'urine.

» *Dosage des phénols libres et des phénols sulfoconjugués.* — On doit opérer sur l'urine et les fèces de 24 heures.

» 1° A 100^{cm^3} d'urine décolorée par le noir animal, on ajoute 2^{cm^3} d'acide acétique et 10^{cm^3} d'extrait de Saturne. On filtre, on prélève 55^{cm^3} du liquide filtré, qu'on étend

d'eau distillée; on ajoute goutte à goutte de l'ammoniaque, en agitant, jusqu'à précipitation complète du sel plombique. Ce précipité est lavé à plusieurs reprises par décantation avec de l'eau ammoniacale; on le jette sur un filtre sans pli, où l'on achève son lavage. On le dissout alors avec 5^{cm^3} d'acide nitrique ordinaire, on lave à l'eau distillée pour faire environ 50^{cm^3} de liqueur, que l'on porte à l'ébullition dans un ballon à fond plat. Après 5 minutes d'ébullition, on laisse refroidir et l'on ajoute peu à peu 10^{cm^3} à 15^{cm^3} de solution saturée de carbonate de potasse; on filtre et l'on complète 100^{cm^3}. Les phénols sulfoconjugués sont finalement amenés à l'état de *picrate de potasse*. On les dose en comparant la teinte obtenue à celle de solutions types de phénol pur, amené dans les mêmes conditions à l'état de picrate de potasse. Les résultats sont traduits en phénol.

» 2° Les *fèces* sont employées pures ou diluées selon leur consistance. 100^{cm^3} du liquide filtré sont additionnés de 1^g d'acide tartrique et distillés aux deux tiers. Le produit distillé est additionné de 5^{cm^3} d'acide nitrique; on porte à l'ébullition et l'on achève comme plus haut la transformation des phénols en picrate de potasse.

» L'urine ne contient que des traces de phénols libres, retenus par le noir animal.

» Les fèces ne renferment pas de phénols sulfoconjugués.

» Nous nous proposons de faire connaître ultérieurement les résultats qui concernent le phénolisme et la sulfoconjugaison à l'état normal et dans les principales maladies, résultats qui reposent déjà sur plus de deux cents analyses d'urines et de fèces. »

BOTANIQUE. — *Une Acrasiée bactériophage.* Note de M. **Paul Vuillemin**, présentée par M. Guignard.

« On sait aujourd'hui que les amibes se nourrissent de Bactéries vivantes et l'on admet qu'une telle nourriture leur est absolument indispensable.

» En est-il de même pour les organismes, tels que les Mycétozoaires, présentant une phase amiboïde? Les résultats obtenus sur cette question sont assez contradictoires.

» Lister avait bien vu que des Bactéries indéterminées sont englobées et digérées par les zoospores et les amibes de diverses Myxogastrées, mais il n'a pas établi que ce mode d'alimentation fût habituel, suffisant, ni, à plus forte raison, nécessaire.

» Chrzaszcz a pu nourrir le *Physarum leucophœum ferox* de *Saccharomyces* et de *Mycoderma*, mais non de Bactéries acétiques.

» Lad. Celakovsky a vu le *Bacillus Megatherium* digéré par les zoospores de *Chondrioderma difforme*, pourvu qu'il ait été, au préalable, tué par la chaleur,

tandis que les Bactéries englobées vivantes restaient inaltérées au bout de 2 heures et demie.

» Le Dr Pinoy réussit à cultiver le *Chondrioderma difforme* et le *Didymium effusum* en présence du seul *Bacillus luteus* Flügge ; mais il ne nous dit pas de quelle nature sont les relations des deux êtres. De plus, il semble avoir eu recours seulement à l'analyse pour établir que les cultures fertiles ne contenaient pas d'autre organisme que la Myxogastrée et la Bactérie.

» En ce qui concerne les Acrasiées, le *Dictyostelium mucoroides* a fait l'objet des expériences de Nadson. Cet auteur annonce qu'il a obtenu des cultures pures du Mycétozoaire sur des milieux liquides ou solides, en l'absence de tout microorganisme différent ; mais ces cultures étaient chétives et ne présentaient aucune forme normalement développée. Toutes les fructifications vigoureuses étaient accompagnées de Bactéries variées. Le *Bacillus fluorescens liquefaciens* Flügge était son associé habituel.

» Nadson croit que les deux organismes se rendent de mutuels services et que la Bactérie favorise indirectement le *Dictyostelium*, en produisant de l'ammoniaque qui rend alcalin le milieu de culture.

» Depuis le 15 mai dernier, je cultive le *Dictyostelium mucoroides* dans des tubes à essai bouchés au coton, placés à l'abri de la lumière à la température du laboratoire, et contenant de la gélose additionnée de 5 pour 1000 de peptone et de 20 pour 1000 de maltose.

» La semence prise dans les têtes blanches renferme souvent avec les spores une Bactérie, qu'il est facile d'en isoler par des repiquages successifs. C'est un Bacille fluorescent fétide, comme celui de Nadson, mais il ne liquéfie pas la gélatine. Tous les tubes où se montrent les *Dictyostelium* contiennent aussi des Bactéries ; les fructifications du Mycétozoaire reposent sur des colonies bactériennes. Les pédicelles capités apparaissent au bout de 3 jours en été, dans les conditions indiquées.

» Si la semence n'a pas apporté de Bactéries, rien ne pousse ; rien du moins n'est visible à l'œil nu, car au microscope on découvre des amibes issues des spores. Dans ces semis en apparence stériles, il suffit d'introduire le Bacille isolé, pour mettre le développement en train. L'expérience suivante est assez démonstrative pour nous dispenser d'en rapporter d'autres.

» Le 7 juillet, nous ensemençons trois tubes A, B, C. L'un (A) présente des Bactéries et des débuts de fructifications au bout de 3 jours (10 juillet). Rien de visible dans les autres. Le 10 juillet, nous semons le Bacille pur dans le tube B ; les fructifications apparaissent 3 jours plus tard (13 juillet). Le tube C, où l'on ne voit encore rien, est ensemencé de Bacille le 13 juillet ; les fructifications se montrent le 16 juillet.

» La culture pure mixte du *Dictyostelium* et du Bacille fluorescent est ainsi réalisée par synthèse.

» Dans tous les cas où nous avons ensemencé, de Bacille fluorescent, les cultures en apparence stériles, de 3 à 7 jours après l'introduction des spores du Mycétozoaire, le résultat a été positif.

» Au lieu de Bacille fluorescent, nous introduisons la Bactérie pyocyanique dans une culture de 5 jours, en apparence stérile. Le résultat est négatif. La Bactérie pousse seule, bien que le microscope décèle des corps amiboïdes. Étant données les propriétés alcalinigènes de la Bactérie pyocyanique, cette expérience contredit l'opinion de Nadson sur le rôle de la Bactérie commensale.

» Effectivement l'examen microscopique nous montre que les Bacilles sont englobés par les amibes et subissent dans les vacuoles les dégénérescences du type décrit par Pfeffer.

» Donc, dans les conditions de l'expérience, un Mycétozoaire du groupe des Acrasiées, le *Dictyostelium mucoroides,* ne s'est développé que parallèlement à des Bactéries déterminées. Celles-ci n'agissent pas indirectement en modifiant le milieu ; elles servent d'aliment aux corps amiboïdes qui les englobent et les digèrent. »

GÉOLOGIE. — *Sur le passage du Rhin par la vallée du Doubs et la Bresse pendant le Pliocène.* Note de M. le général DE LAMOTHE.

« L'étude des anciennes alluvions du bassin du Doubs, bien qu'elle ne soit pas complètement terminée, m'a conduit à quelques conclusions intéressantes au point de vue de l'histoire géologique de la région comprise entre la Bresse et l'Alsace, conclusions que je vais résumer brièvement.

» Dans le fond de la vallée du Doubs, jusqu'à 20^{m} environ de hauteur, on trouve des lambeaux d'une nappe *presque exclusivement* formée de galets roulés, empruntés surtout aux terrains du Jura (calcaires et chailles), et en nombre moins considérable à ceux des Vosges (granite à amphibole, porphyrites vertes et brunes, quartzites du grès vosgien, etc.). Je citerai notamment les lambeaux d'Osselle, de Torpes, de Thoraize, du Chêne marié. La stratification est horizontale ; les éléments sont de petite dimension (5^{cm} à 6^{cm}) ; ceux du Jura sont remarquablement arrondis ; ceux des Vosges ont souvent des formes polyédrales ; la plupart sont généralement très frais.

» Au-dessus de cette nappe à éléments calcaires, et jusqu'à 140^{m} au moins au-dessus du thalweg, on observe, depuis Rozet jusqu'à Delle, des amas de galets remarquablement roulés, souvent très volumineux ($0^{m},20$ à $0^{m},30$ de diamètre), et d'un aspect complètement différent. Ils sont très altérés, sauf les quartzites ; on n'y trouve ni granite des Ballons, ni porphyrites des Vosges, et les calcaires du Jura y font défaut.

» Ainsi que je l'ai annoncé antérieurement [1], les matériaux sont pour la plupart identiques à ceux qui composent le gravier du Sundgau entre Delle, Volkensberg et Altkirch, gravier dont l'origine rhéno-rhodanienne a été nettement établie par Delbos et M. Gutzwiller. Les plus remarquables parmi ces galets sont les quartzites jaunâtres ou blancs avec mica blanc du Trias du Valais, les quartzites gris verdâtre originaires probablement des dépôts miocènes du bassin du Rhin, les protogynes, les silex à radiolaires, les calcaires noirs alpins, les grès et calcaires du Flysch.

» En général, toute trace de stratification a disparu, et les galets sont le plus souvent enveloppés dans un lehm jaunâtre.

» Bien que tous ces dépôts soient très démantelés, on peut y distinguer plusieurs niveaux. Le plus net comprend une série de lambeaux que l'on peut suivre depuis Dôle où leur altitude relative est de 60^m jusqu'à Fesches-le-Châtel où elle atteint 75^m. C'est à cette nappe que l'on doit rapporter la majeure partie des cailloutis qui forment le sol des forêts de Chaux et d'Arne; en amont, elle est représentée par les cailloutis de Routelle, d'Osselle, de Montferrand, d'Hyèvre, de Branne, d'Isle-sur-Doubs, de Lougres, de Voujaucourt, de Dampierre.

» On remarque que partout les galets de la partie supérieure sont beaucoup plus petits que ceux des parties profondes; ils semblent en outre avoir un caractère plus vosgien. Une couche plus ou moins épaisse de lehm recouvre la plupart de ces lambeaux.

» Au-dessus de ce niveau, on trouve, dans les bois de Vomaie et d'Olveret, les débris d'une nappe plus élevée de 20^m à 25^m, recouverts de limon. Cette terrasse me paraît avoir une individualité propre et j'y rattache les cailloutis d'Etouvans, de la citadelle de Besançon et de la terrasse haute de Montferrand, dont l'altitude relative est la même.

» Enfin, les dépôts les plus élevés semblent marquer le niveau supérieur atteint par les alluvions; l'altitude au-dessus du thalweg de ceux qui sont les mieux conservés (Col de Deluz, Bois de Branne, ferme le Fahy au nord-est de Delle à la cote 512) est très uniforme et comprise entre 140^m et 150^m; les gisements de galets épars de la Côte des Buis, de Chaudanne et de Plenise, se rattachent naturellement à ces dépôts; il n'y a aucune trace de limon.

» Le prolongement jusqu'au voisinage de Bâle, à travers le Sundgau, de ces différents

---

(1) De Lamothe, *Bulletin de la Soc. géol. de France,* 4e série, t. I.

niveaux présente beaucoup d'incertitude. La dénudation produite par les cours d'eau issus du Jura a modifié complètement la topographie de cette région, et le lehm qui recouvre presque partout les cailloutis masque les terrasses et rend les observations très difficiles et incertaines. Comme je me propose de traiter cette question dans un Mémoire en préparation, je me bornerai à faire remarquer que la surface supérieure du niveau le plus élevé du Doubs prolongé vers le Sundgau, même avec la pente très faible qu'il présente, passe à 25^m environ au-dessus des cailloutis d'Oberhagenthal. La dénudation que ces derniers ont dû subir en raison de leur position topographique suffit à expliquer cette particularité. Dans tous les cas, il faut en conclure que les cailloutis les plus élevés du Sundgau ne s'arrêtent pas brusquement au débouché du Rhin dans la plaine d'Alsace, comme on l'a supposé, mais se prolongent à plus de 180^{km} jusqu'au bord de la dépression bressanne.

» J'ajouterai que la séparation entre les alluvions vosgiennes et les alluvions rhénanes est d'une remarquable netteté sur la lisière ouest du Sundgau. Les premières sont cantonnées sur les hauteurs au nord et à l'ouest d'une ligne allant de Montbéliard à Fesches-le-Châtel et de là à Montreux; elles ne dépassent pas la cote 425. C'est seulement au pied de ces hauteurs, à 70^m ou 80^m au-dessus du thalweg, que l'on voit les cailloutis alpins se mélanger aux débris vosgiens.

» *En résumé :* 1° Le Rhin a, pendant une longue période, suivi les vallées du Doubs et de l'Allaine entre Delle et Dôle; il les a creusées sur une profondeur de 120^m-130^m, jusqu'à 15^m-20^m au-dessus du thalweg actuel.

» La date de ce phénomène peut être facilement précisée. Si les cailloutis d'Azans, dont j'ai reconnu également l'identité avec ceux du Sundgau, sont réellement contemporains des sables de Trévoux, comme l'ont supposé MM. Delafond et Deperet, on doit admettre que l'écoulement du Rhin vers la Bresse avait déjà lieu pendant la période de remblai qui correspond à la formation de ces sables. D'autre part, M. Gutzwiller a montré que, à l'époque des cailloutis de Rheinfelden-Mönchenstein-Schönenbuch-Wenzweiler, le Rhin coulait déjà dans la direction du nord.

» Le passage du Rhin par la vallée du Doubs a donc eu lieu pendant le Pliocène moyen et une partie du Pliocène supérieur.

» 2° Postérieurement à cette époque, la vallée du Doubs a encore été creusée de 15^m-20^m par le Doubs et ses affluents, remblayée sur 20^m avec des matériaux jurassiens et vosgiens, puis déblayée. »

M. **E. Mossé** adresse une Note relative à un système de voie automotrice, permettant aux véhicules de circuler sans le secours de moteurs.

La séance est levée à 3 heures et demie.

M. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 3 aout 1903.

La paix par l'union des peuples, par J. Polo. Nantes, Bourgeois, 1903; 1 brochure in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Departement of the interior United States geological survey : 1° *Preliminary report on the Ketchikan mining district, Alaska;* 2° *A reconnaissance of the north-western portion of seward peninsula, Alaska;* 3° *The geology and petrography of crater lake national park;* 4° *The forests of Oregon;* 5° *The forests of Washington a revision of estimates;* 6° *Forest conditions in the cascade range, Washington;* 7° *Forest conditions in the olympic forest reserve, Washington;* 8° *Forest conditions in the northern Sierra Nevada, California.* Washington, Government printing office, 1902; 8 vol. in-4°.

Report of the chief of the weather bureau, 1900-1901; vol. II. Washington, Government printing office, 1902; 1 vol. in-4°.

Memoirs of the national Academy of sciences, vol. VII. Washington, Government printing office, 1902; 1 vol. in-4°.

On the lakes of south-eastern Wisconsin, Madison, Wis. Published by the State, 1902; 1 vol. in-8°.

Il r. Istituto sperimentale per le coltivazioni dei tabacchi e la visita del VII congresso internazionale d'agricoltura. Torre Annunziata, G. Maggi, 1903; 1 vol. in-4°.